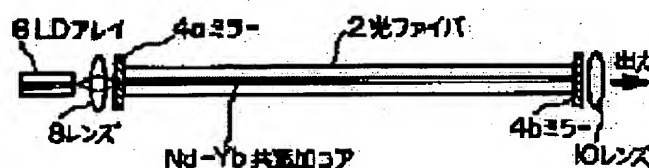


## OPTICALLY ACTIVE DEVICE

**Patent number:** JP6037371  
**Publication date:** 1994-02-10  
**Inventor:** NAKAZATO KOJI; others: 05  
**Applicant:** SUMITOMO ELECTRIC IND LTD; others: 01  
**Classification:**  
 - international: H01S3/07; G02B6/00; G02B6/42; G02F1/35;  
 H01S3/094; H01S3/10; H01S3/17; H01S3/18  
 - european:  
**Application number:** JP19920191146 19920717  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP6037371

**PURPOSE:** To efficiently excite an optical amplifier formed of a Pr<sup>3+</sup>-added fiber, etc.  
**CONSTITUTION:** An exciting light having a wavelength band of 0.8μm from an LD 6 is incident into an optical fiber 2 through an array lens 8 and a mirror 4a. The light excites an Nd<sup>3+</sup> and further excites a Yb<sup>3+</sup>. The excited Yb<sup>3+</sup> generates a radiant light having a wavelength band of 1.02μm corresponding to a transition  ${}^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$ . When an output of the light exceeds a predetermined value, a laser oscillation occurs in a wavelength band of 1.02μm by an optical amplification due to inductive emission of the radiant light itself. In this case, since a semiconductor laser having a small size is used, a fiber laser itself can be formed to have a small size and a high output. Accordingly, when such a fiber laser is used as an exciting light source of the amplifier made of a Pr<sup>3+</sup>-added fiber, it contributes to a reduction in size of the amplifier.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-37371

(43)公開日 平成6年(1994)2月10日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	片内整理番号	FI	技術表示箇所
H01S 3/07		8934-4M		
G02B 6/00	376 B	7036-2K		
	6/42	7132-2K		
G02F 1/35	501	8106-2K		
		8934-4M		
			H01S 3/094	S
審査請求 未請求 請求項の数8(全5頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平4-191146

(22)出願日 平成4年(1992)7月17日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 中里 浩二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 西村 正幸

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

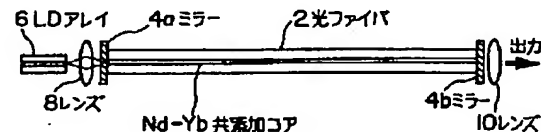
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光増動装置

(57)【要約】

【目的】  $Pr^{3+}$  添加ファイバ等から構成した光増幅器を効率よく励起すること。

【構成】 LD6からの波長0.8 $\mu$ m帯の励起光は、アレイレンズ8及びミラー4aをへて光ファイバ2内に入射する。この励起光は、 $Nd^{3+}$ を励起し、さらに $Yb^{3+}$ を励起する。励起された $Yb^{3+}$ は、遷移 $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ に対応する波長1.02 $\mu$ m帯の放射光を発生する。励起光の出力が所定値を超えると、放出光自体の誘導放出による光増幅によって波長1.02 $\mu$ m帯でレーザ発振が生じる。この場合、小形の半導体レーザを使用しているので、ファイバレーザ自体を小型でかつ高出力なものとする事ができる。したがって、かかるファイバレーザを $Pr^{3+}$ 添加ファイバからなる光増幅器の励起光源として用いた場合、光増幅器の小形化に寄与することができる。



実施例のファイバレーザ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ホストガラスに活性元素としてNd及びYbを共添加した光機能性ガラスからなるコアを備える光ファイバと、

Ndを励起する励起光を発生する励起光源と、  
励起光を前記励起光源から前記光ファイバ内に導く励起光結合手段と、を備える光能動装置。

【請求項2】 前記励起光源は、波長0.8μm帯の励起光を発生する半導体レーザであることを特徴とする請求項1記載の光能動装置。

【請求項3】 請求項2に記載の光能動装置と、前記光ファイバ内からの波長1.0μm帯の光を該光ファイバにフィードバックする共振器構造とを備えるファイバレーザ。

【請求項4】 請求項2に記載の光能動装置と、波長1.0μm帯の信号光を前記光ファイバ内に導く信号光結合手段とを備えるファイバ増幅器。

【請求項5】 ホストガラスに活性元素としてNd及びYbを共添加した光機能性ガラスからなる導波部分を備える導波路素子と、

Ndを励起する励起光を発生する励起光源と、  
励起光を前記励起光源から前記導波路素子内に導く励起光結合手段と、を備える光能動装置。

【請求項6】 前記励起光源は、波長0.8μm帯の励起光を発生する半導体レーザであることを特徴とする請求項5記載の光能動装置。

【請求項7】 請求項6に記載の光能動装置と、前記導波路素子内からの波長1.0μm帯の光を該導波路素子にフィードバックする共振器構造とを備える導波路素子レーザ。

【請求項8】 請求項6に記載の光能動装置と、波長1.0μm帯の信号光を前記導波路素子内に導く信号光結合手段とを備える導波路素子増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は1.0μm帯での光増幅等に使用される光能動装置に関し、より具体的には、ファイバレーザ、導波路素子レーザ、ファイバ増幅器及び導波路素子増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】希土類元素を活性物質として添加した光機能性ガラスは、波長1.3μm帯での光通信等に使用するファイバ増幅器、ファイバセンサ及びファイバレーザその他の光能動装置への応用が考えられている。例えば、活性物質としてプラセオジムイオン( $\text{Pr}^{3+}$ )を添加した弗化物ガラスからなる光ファイバによって波長1.3μm帯での光増幅を実現できるとの報告がなされている(OFC'90 Post Deadline Papers(PD2-1))。この報告に示される $\text{Pr}^{3+}$ 添加の光ファイバでは、励起光波長を1.02μmとし、入力強度を180mWとして

いる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、かかる長波長、高強度の励起光を供給し得る励起光源として大型のガスレーザ、固体レーザ等を用いた場合、光増幅装置等の小型化を図ることができないといった問題があった。具体的には、 $\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$ レーザの場合、装置が大掛かりとなり、YAGレーザ( $\lambda=1.06\mu\text{m}$ )の場合、装置が大掛かりになるばかりでなく、励起効率も良くない。一方、このような励起光源として半導体レーザを用いた場合、その出力の増加によって信頼性が劣化するため、100mW程度以上の出力が得られず、ファイバ入力では数10mW程度が限界となる。

【0004】そこで、本発明は、 $\text{Pr}^{3+}$ を添加した光ファイバ等から構成した光増幅器を効率よく励起するための手段を提供することを目的とし、さらに具体的には、波長1.02μm帯その他の光を効率よく発生、増幅等を行うことができる光能動装置を提供することを目的としている。

## 20 【0005】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明に係る光能動装置は、(a)ホストガラスに活性元素としてネオジム(Nd)及びイットリウム(Yb)を共添加した光機能性ガラスからなるコアを備える光ファイバと、

(b)Ndを励起する励起光を発生する励起光源と、

(c)励起光を励起光源から光ファイバ内に導く励起光結合手段とを備えることとしている。この場合、上記光ファイバの代わりに、ホストガラスにNd及びYbを添加した光機能性ガラスからなる導波路部分を備える導波路素子を用いてもよい。

30

【0006】上記の光能動装置によれば、励起光結合手段により光ファイバ内に導入された励起光によってNdが励起される。励起されたNdの近傍に存在するYbは、Ndからのエネルギー伝達を受けて所定の確率で励起される。このように励起されたYbの一部又は多くは、光ファイバ内に存在する波長1.0μm帯の信号光その他の光に誘導されて、遷移 $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ に対応する放射光を発生し、この帯域での効率の良い光増幅機能、光スイッチ機能、光センサ機能等の諸機能の発揮を可能にする。この場合、Ybの励起のため予めNdを励起することとしているので、簡易な励起光源で効率良い光増幅等を達成することができる。

40

【0007】本発明のファイバレーザは、励起光源として波長0.8μm帯の励起光を発生する半導体レーザを備える上記の光能動装置と、上記光ファイバ内からの波長1.0μm帯の光をこの光ファイバにフィードバックする共振器構造とを備える。この場合、光ファイバの代わりに、ホストガラス中にNd及びYbを添加した光機能性ガラスからなる導波路部分を備える導波路素子を用いて光能動装置の部分を構成してもよい。

50

3

【0008】上記のファイバレーザによれば、励起光結合手段により導波路部分内に導入された波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯の励起光によってYbが間接的に励起される。この励起されたYbの一部又は多くは、光ファイバ内に存在する波長 $1.0\mu\text{m}$ 帯の自然放出光等に誘導されて、放射光を発生し、波長 $1.0\mu\text{m}$ 帯でのレーザ発光が可能になる。すなわち、このファイバレーザは、Pr<sup>3+</sup>を添加した光ファイバから構成される光増幅器（以下、Prドープファイバ増幅器）の簡易かつ小型の励起光源等として用いることができる。

【0009】本発明のファイバ増幅器は、励起光源として波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯の励起光を発生する半導体レーザを備える上記の光能動装置と、波長 $1.0\mu\text{m}$ 帯の信号光を上記光ファイバ内に導くカプラ等の信号光結合手段とを備える。この場合、上記光ファイバの代わりに、ホストガラス中にNd及びYbを添加した光機能性ガラスからなる導波路部分を備える導波路素子を用いて光能動装置の部分を構成してもよい。

【0010】上記のファイバ増幅器によれば、励起光結合手段により光ファイバ内に導入された波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯の励起光によってYbが間接的に励起される。この励起されたYbの一部又は多くは、これと同時に信号光結合手段によって光ファイバ内に導入された波長 $1.0\mu\text{m}$ 帯の信号光に誘導されて放射光を発生し、波長 $1.0\mu\text{m}$ 帯での光増幅が可能になる。

【0011】

【実施例】図1は、実施例の波長 $1.02\mu\text{m}$ のファイバレーザの構造を示す。図示のファイバレーザは、フッ化物系ガラスにNd及びYbを共添加した光機能性ガラスからなるコアを有する光ファイバ2と、共振器構造として光ファイバ2の両端に形成された一対のミラー4a、4bと、波長 $0.8\mu\text{m}$ の励起光を発生するレーザダイオード6と、このレーザダイオード（以下LD）6からの励起光を光ファイバ2の左端に入射させる結合レンズ8と、出力光のビーム形状を調節する出力レンズ10とから構成される。

【0012】図2は、図1のファイバレーザを構成する光ファイバ2の構造を示す。この光ファイバ2は、光増幅用の活性元素としてNd及びYbを共添加してあり、かつ、波長 $1.02\mu\text{m}$ の光をシングルモードで伝送するコア2aと、波長 $0.8\mu\text{m}$ の励起光をマルチモードで導波する導波領域2bと、この導波領域2bの外側に形成されたクラッド2cとを備える。これらの寸法について説明すると、コア2aの径が $2.0\mu\text{m}$ となっており、導波領域2bの長手方向の径が $20\mu\text{m}$ となっている。また、屈折率分布について説明すると、コア2aとクラッド2cの屈折率差 $\Delta$ が3%となっており、導波領域2bとクラッド2cの屈折率差 $\Delta$ が1%となっている。

【0013】図3は、LD6と光ファイバ2との接続を

4

示した図である。LD6は、GaAlAs系のアレイLDでそのアレイ状の発光端面6aに対向して結合レンズ8が配置されている。LD6の各発光端面6aから出射したレーザ光は、結合レンズ8を経て光ファイバ2の一端に結合される。

【0014】共振器構造を構成する一対のミラー4a、4bのそれぞれは、誘電体ミラーから構成される。 $0.8\mu\text{m}$ 透過/ $1.02\mu\text{m}$ 全反射ミラー4aは、光ファイバ2のLD6側の端面に形成され、 $0.8\mu\text{m}$ 全反射/ $1.02\mu\text{m}$ 10%透過ミラー4bは、光ファイバ2の出力側の端面に形成されている。

【0015】以下、図1のファイバレーザの動作について説明する。LD6からの波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯の励起光は、結合レンズ8及びミラー4aをへて光ファイバ2内に入射する。この励起光は、そのコア中のNd<sup>3+</sup>を励起し、さらにYb<sup>3+</sup>を励起する。励起されたYb<sup>3+</sup>は、遷移 $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ に対応する波長 $1.02\mu\text{m}$ 帯の放射光を発生する。励起光の出力が所定値を超えると、一対のミラー4a、4bによってフィードバックされる放出光の誘導放出によって波長 $1.02\mu\text{m}$ 帯でレーザ発振が生じる。

【0016】波長 $1.02\mu\text{m}$ 帯でのレーザ発振の動作原理をより詳細に説明する。図4は、活性物質であるNd<sup>3+</sup>とYb<sup>3+</sup>のエネルギー準位図である。Nd<sup>3+</sup>と共にYb<sup>3+</sup>を添加した光ファイバに導入された波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯の励起光は、Nd<sup>3+</sup>を励起して準位 $^4I_{9/2}$ から準位 $^4F_{5/2}$ に対応する電子遷移を発生させる。この後、準位 $^4F_{5/2}$ の電子は、準位 $^4F_{3/2}$ に緩和される。この結果、Nd<sup>3+</sup>の準位 $^4F_{3/2}$ と準位 $^4I_{9/2}$ との間に反転分布が形成される。この2準位 $^4F_{3/2}$ 、 $^4I_{9/2}$ の間のエネルギー差がYb<sup>3+</sup>の2準位 $^2F_{5/2}$ 、 $^2F_{7/2}$ 間のエネルギー差に略対応しているため、Nd<sup>3+</sup>の励起エネルギーはその近くに存在するYb<sup>3+</sup>へ伝達（エネルギー転スファ）されることとなり、みかけ上、Nd<sup>3+</sup>の準位 $^4F_{3/2}$ からYb<sup>3+</sup>の準位 $^2F_{5/2}$ に電子が遷移する。このように励起光によって間接的に励起されたYb<sup>3+</sup>の一部又は多くは、光ファイバ内に存在する波長 $1.02\mu\text{m}$ 帯の自然放出光、フィードバック光等に誘導されて、遷移 $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ に対応する放射光を発生し、この帯域でのレーザ発振を可能にする。

【0017】以上説明したファイバレーザは、小型で安価でかつ出力の高い半導体レーザを使用しているため、小型でかつ高出力なものとなっている。したがって、かかるファイバレーザは、Prドープファイバ増幅器の励起光源として用られた場合、この光増幅器の小形化に寄与する。Prドープファイバ増幅器の動作について簡単に説明すると、上記実施例のファイバレーザを用いてPrを添加した光ファイバ中に波長 $1.02\mu\text{m}$ の励起光を入射させると、その内部のPrが励起される。この状態の光ファイバ中に波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯の信号光が入射す

5

ると、その誘導放出によってこの波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯での光増幅を実現できる。

【0018】本発明は、上記実施例に限定されるものではない。例えば、光ファイバ2のコア用の材料として、フッ化物系ガラスの他、ケイ酸塩ガラス、リン酸塩ガラス、石英ガラス等各種のホストガラスにNd及びYbを共添加した光機能性ガラスを用いることができる。

【0019】また、励起光源として、波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯より短い波長側の半導体レーザ光源等を使用することができる。

【0020】さらに、図1のファイバレーザにおいて、光ファイバ2のコアに波長 $1.02\mu\text{m}$ 帯の信号光を入射させるカプラを設けるとともに、一対のミラー4a、4bを取り除くならば、光増幅器となる。

【0021】さらに、図1のファイバレーザの変形として、光ファイバ2のかわりにNd及びPrを共添加した導波部分（コア）を備える導波路素子を用いることができる。同様にして、導波路素子から形成した増幅器も作製することができる。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光能 \*

6

\* 動装置によれば、励起光結合手段により光ファイバ内に導入された励起光によってNdが励起される。励起されたNdの近傍に存在するYbは、Ndからのエネルギー伝達を受けて所定の確率で励起される。このように励起されたYbの一部又は多くは、光ファイバ内に存在する波長 $0.8\mu\text{m}$ 帯の信号光その他の光に誘導されて、遷移 $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ に対応する放射光を発生し、この帯域での簡易かつ効率の良い光増幅機能、光スイッチ機能、光センサ機能等の諸機能の発揮を可能にする。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例のファイバレーザの構成を示した図。

【図2】図1のファイバレーザを構成する光ファイバの構造を示した図。

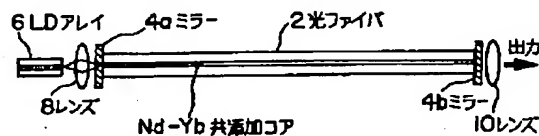
【図3】図1のLDアレイと光ファイバの接続を示した図。

【図4】図2の光ファイバ中に添加されたNd及びYb間のエネルギートランスファを説明した図。

【符号の説明】

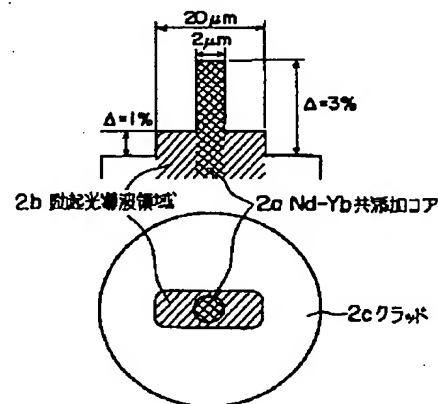
20 2…光ファイバ、6…励起光源、8…励起光結合手段であるレンズ。

【図1】



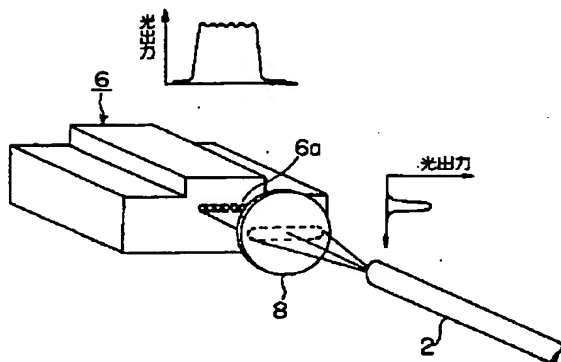
実施例のファイバレーザ

【図2】

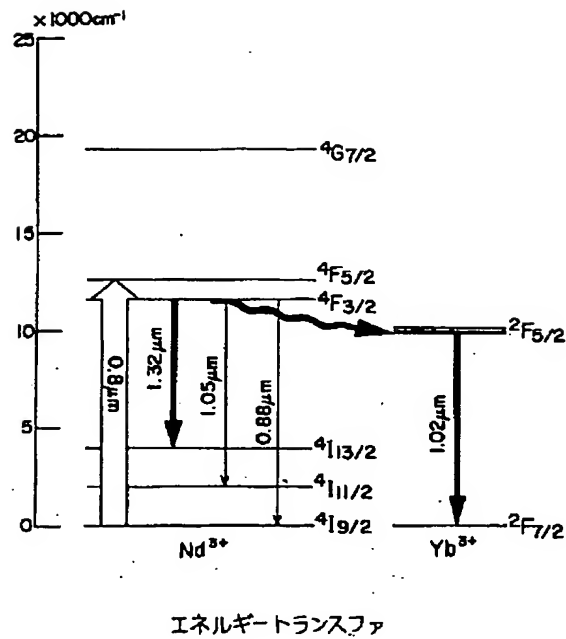


ファイバ構造

【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/094			
	3/10	Z 8934-4M		
	3/17	8934-4M		
	3/18			
(72) 発明者 大西 正志				
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電				
気工業株式会社横浜製作所内				
(72) 発明者 向後 隆司				
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電				
気工業株式会社横浜製作所内				
(72) 発明者 須川 智規				
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日				
本電信電話株式会社内				
(72) 発明者 宮島 義昭				
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日				
本電信電話株式会社内				